

ACTA CARSOLOGICA	30/1	4	55-68	LJUBLJANA 2001
------------------	------	---	-------	----------------

COBISS: 1.01

OPAZOVANJE POPLAVNEGA VALA REKE MAJA 1999

OBSERVATIONS OF THE REKA FLOOD PULSE IN MAY 1999

JANJA KOGOVŠEK¹

¹ Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, SI-6230 POSTOJNA, SLOVENIJA,
e-pošta: kogovsek@zrc-sazu.si

Prejeto / received: 26. 2. 2001

Izvleček

UDK: 556.3:54(497.4)

Janja Kogovšek: Opazovanje poplavnega vala Reke maja 1999

Podani so rezultati meritev temperature, pH in specifične električne prevodnosti vsakih 10 minut in analiz karbonatov, kalcija, magnezija, nitratov, sulfatov, kloridov, o-fosfatov, KPK in BPK₃ vodnih vzorcev v poplavnem valu Reke od 20. do 25. maja 1999. Ugotovljen je bil največji prenos onesnaženja po Reki v kraško podzemlje v osrednjem delu vala, ki se je kljub velikim razredčitvam izrazito odrazil v krivuljah koncentracij nitratov in sulfatov, nekoliko manj izrazito pa v krivuljah o-fosfatov in kloridov.

Ključne besede: hidrokemija, večparameterske meritve, kraška ponikalnica, Reka, Slovenija.

Abstract

UDC: 556.3:54(497.4)

Janja Kogovšek: Observations of the Reka flood pulse in May 1999

The results of temperature, pH and specific electric conductivity measurements done on a 10 minute basis are given, supplemented by the analyses of carbonate, calcium, magnesium, nitrate, sulphate, chloride, o-phosphate, COD and BOD₅ levels in water samples of the Reka flood pulse from May 20 to 25, 1999. The middle part of the pulse showed the strongest pollution transport by the Reka underground; in spite of great dilution it is clearly seen in the nitrate and sulphate concentration curves and slightly less in o-phosphate and chloride curves.

Key words: hydrochemistry, multiparameter measurements, sinking karst stream, the Reka, Slovenia.

UVOD

Reka teče po brkinski sinklinali eocenskih flišnih kamnin, vanjo pa se stekajo površinski pritoki s 442 km² ozemlja (Rojšek 1987). Meji na kraška območja, kjer dobiva vodo tudi iz dveh pomembnejših kraških izvirov, Bistrice in Podstenjška. Vodo začne izgubljati v svoji strugi že pri Vremah, ko začne teči po zakraselem apnencu (Cività et al. 1995). Dokončno ponikne v Škocjanskih jamah in teče nato 41 km pod zemljo do ponovnih izvirov Timava. Srednji pretok Reke pri Cerkvenikovem mlinu je bil v letu 1998 5,9 m³/s, minimalni 0.895 m³/s in maksimalni 161 m³/s (Hidrološki letopis Slovenije 2000).

V letu 1983 je celotni vodni tok Reke kar za 120 dni poniknil v na novo odprtem požiralniku pri Vremah in Škocjanske jame so ostale brez vode, dokler se ni ponor zatrpal in je Reka ponovno ponikala v Škocjanskih jamah (Rojšek 1984). V Reko odteka onesnažene komunalne in industrijske odpadne vode Ilirske Bistrice in drugih naselij in tako vplivajo na njeno kakovost.

Z opazovanjem sestave vode v poplavnem valu po izdatnejših padavinah smo želeli ugotoviti njeno kakovostno stanje in prenos snovi v takem valu. Podrobno opazovanje poplavnega vala smo začeli 20. maja 1999, ko so se začele napovedane padavine po daljšem obdobju brez padavin. Na zid pri vodarni Kraškega vodovoda pri Dolenjih Vremah, nekoliko pred hidrološko postajo pri Cerkvenikovem mlinu, smo namestili dataloger z avtomatskim zajemalnikom vzorcev (Sl. 1).



Sl. 1: Meritve in zajem vzorcev Reke so potekali pri vodarni Kraškega vodovoda pri Dolenjih Vremah.

Fig. 1: Measurements and sampling of the Reka at the water-house of Kraški vodovod near Dolenje Vreme.

Zaradi sorazmerno kratkih kablov sonde dataloggerja in merilca nivoja je bilo to mesto edino možno, čeprav ne ravno idealno. V bližini namreč priteka neposredno v strugo Reke voda iz severnega pobočja poleg reguliranega potoka, ki se je izlival v Reko nekoliko za postavljenimi sondami. Možnemu vplivu te vode smo se izognili z namestitvijo sonde in črpalne cevi zajemalnika vzorcev bolj proti sredini Reke. Struga Reke je na tem mestu precej široka in delno porasla.

Opazovanje poplavnega vala je potekalo v okviru preverjanja delovanja avtomatskega zajemalnika vodnih vzorcev ISCO 6700 z dataloggerjem (A), ki je bil nabavljen v okviru UNESCO-vega IHP programa. Celotno opazovanje poplavnega vala, ki je obsegalo še preverjanje merilcev kalnosti, koncentracije trdnih delcev in hitrosti z različnimi inštrumenti (Brilly et al. 2000) je vodil prof. M. Brilly.

DOSEDANJE RAZISKAVE KAKOVOSTI REKE

G. Timeus govori o meritvah Reke na začetku prejšnjega stoletja, ko je bila kvaliteta Reke primerljiva s kvaliteto Bistrice. Vendar pa se je zaradi industrializacije in poselitve kakovost Reke vse bolj slabšala. Leta 1966 so nehali črpati Reko za oskrbo Divače, kar je bilo prvo resnejše opozorilo. V letih 1969-1979 so sledila sistematična opazovanja Reke (Mejač et al. 1983). Ugotovili so, da je Reka pravzaprav kanal odpadne vode, kjer potekajo anaerobni procesi razgradnje, kar je v Škocjanskih jamah povzročalo smrad. Stanje se je občasno izboljšalo le po izdatnih padavinah, ko je voda sprala strugo, onesnaženje pa odnesla globlje v podzemlje.

V letu 1982 so z različnimi ukrepi zmanjšali onesnaženje, ki je prihajalo iz Tovarne organskih kislin in Lesonita v Ilirski Bistrici, vendar je bilo onesnaževanje Reke še vedno preveliko, da bi v njej potekali naravni samoočiščevalni procesi. Meritve in analize Reke na vstopu v Škocjanske jame, ki smo jih opravili v okviru Inštituta za raziskovanje krasi, so pokazale BPK_5 med 2,9 in 8,5 mg O_2/l in vsebnost raztopljenega kisika med 10 in 12,1 mg/ O_2/l , kar je bila 78 do 103 % nasičenost s kisikom. Občasne meritve nitratov so pokazale do 7 mg NO_3/l in kloridov do 9 mg Cl/l . Meritve Reke pri Ribnici pa so pokazale slabšo kvaliteto: specifično električno prevodnost (SEP) med 254 in 672 $\mu S/cm$, vsebnost kloridov med 3 in 30 mg Cl/l , nitratov med 0,3 in 2,7 mg NO_3/l in o-fosfatov pod 0,35 mg PO_4^{3-}/l . Vsebnost raztopljenega kisika je bila med 0 in 10,1 mg O_2/l , BPK_5 pa med 8.5 in 48 mg O_2/l in več. Največje onesnaženje smo zabeležili ob nizkem vodostaju (Kogovšek 1994, Kogovšek & Kranjc 1999).

V letu 1990 po zaprtju Tovarne organskih kislin je hitro prišlo do izboljšanja kakovosti Reke. V letih 1992 in 1993 smo z občasnimi meritvami Reke v Škocjanskih jamah ugotavljali KPK med 3,3. in 12 mg O_2/l , BPK_5 med 1,3 in 2,3 mg O_2/l in razmerje KPK/BPK_5 med 2,7 in 6. Vsebnost kloridov in nitratov je bila pod 5 mg/l, o-fosfatov pa pod 0,1 mg PO_4^{3-}/l ob skoraj 100 % nasičenosti s kisikom.

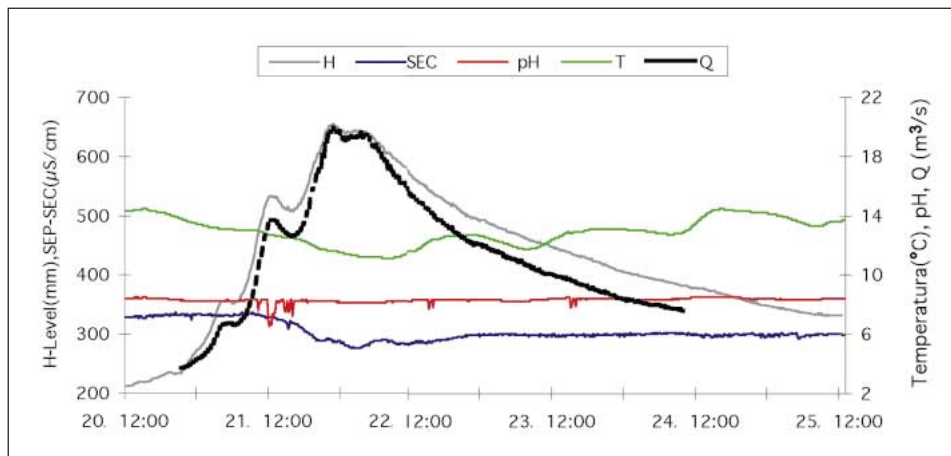
PADAVINSKE RAZMERE IN PRETOK REKE V ČASU OPAZOVANJA POPLAVNEGA VALA

Po podatkih Hidrometeorološkega zavoda Slovenije (HMZ RS) je do 21. maja ob 7.00 padlo na Juriščah 36,5 mm dežja, v Podgradu 28,6 mm, v Ilirski Bistrici pa 21,6 mm. V naslednjih 24 urah (do 22. maja ob 7.00) je na Juriščah padlo še 5,6 mm, v Podgradu 11,8 mm in v Il. Bistrici 7,3 mm dežja.

Meritve nivoja z dataloggerjem so pokazale, da je nivo 20. maja v popoldanskem času zanihal le do 2 cm, izraziteje pa je začel naraščati po 21. uri in sicer v treh stopnjah (Sl. 2). Do 21. maja ob 5.00 (1. stopnja) je porasel za dobrih 12 cm, nato pa bil ustaljen do 7.00, ko je začel ponovno naraščati. Tako je v petih urah narasel za 17,6 cm (2. stopnja), v sledečih štirih urah rahlo upadel, nato pa v sedmih urah porasel še za 14,8 cm (3. stopnja), to je do maksimalnega nivoja v poplavnem valu, kjer je ob manjših nihanjih vztrajal 6 ur, nato pa brez večjih nihanj postopno upadal. Tako je nivo v tem poplavnem valu v treh stopnjah porasel skupno za 45 cm.

Meritve pretoka, ki jih na hidrološki postaji Cerkvenikov mlin opravlja HMZ RS, so pokazale podobno stopnjasto naraščanje pretoka, kot je razvidno iz slike 2.

Z izhodne vrednosti 3,7 m³/s je najprej porasel na 7 m³/s. V drugi stopnji je naraščal do 13,4 m³/s, nato pa v času 4 ur nekoliko upadel. Ob sledečem naraščanju (3. stopnja) je 22.5.1999 ob 2.00 dosegel maksimalno vrednost 19,3 m³/s. Sledilo je zložno upadanje pretoka, ki je 24. 5. zjutraj dosegel vrednost 8,2 m³/s.



Sl. 2: Meritve nivoja, temperature, pH in specifične električne prevodnosti Reke so potekale vsakih 10 minut.

Fig. 2: Measurements of level, temperature, pH and specific electric conductivity of the Reka were undertaken on a 10 minute basis.

DINAMIKA ZAJEMA VZORCEV, MERITVE IN UPORABLJENE METODE

Temperaturo, specifično električno prevodnost (SEP), pH in vsebnost raztopljenega kisika smo merili vsakih 10 minut s kombinirano sondo YSI 600. Podatki so se shranjevali na ISCO 6700 datalogger z avtomatskim zajemalnikom. Pri meritvah raztopljenega kisika smo imeli težave, tako da so ti rezultati žal izostali, meritve ostalih parametrov pa so potekale dobro.

Avtomatski zajemalnik ISCO 6700 smo programirali dvostopenjsko. Ker smo sklepali, da gre za glavni prenos snovi, oz. spiranje onesnaženja ob prvem naraščanju pretoka, smo zajemanje programirali glede na spremembe nivoja Reke. Zajemanje je na začetku potekalo v daljšem časovnem intervalu, ob nastavljenem povečanju nivoja, pa je sledilo zajemanje vsako uro. Ta način je kasneje pokazal v danih razmerah tudi svoje slabe strani, ker nismo imeli predhodnih izkušenj oz. meritev, kako niha nivo Reke glede na padavine. Nivo Reke je odvisen tako od razporeditve in količine padavin v zaledju kot od profila korita na merjenem mestu.

Skupno 33 trenutno zajetim vzorcem vode smo določili vsebnost kloridov, nitratov, sulfatov in o-fosfatov ter biokemijsko (BPK₅) in kemijsko potrebo po kisiku (KPK), skupno je bilo narejenih prek 270 kemičnih analiz. Te smo opravili v laboratoriju IZRK. Z analizami smo začeli takoj po zajemu, vendar se je analiziranje zaradi številnih vzorcev zavleklo. Vzorce smo v tem času hranili na hladnem pri temperaturi približno 15 °C.

Uporabili smo standardizirane metode (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1992). Vsebnost kloridov smo določali titrimetrično s Hg (NO₃)₂, nitrate in o-fosfate spektrofotometrično z natrijevim salicilatam oz. z amon-molibdatno metodo in sulfate turbidimetrično. Vsebnost kisika v BPK₅ določitvah originalnih vzorcev smo merili z WTW oximetrom Oxi 196. KPK pa smo določali iz originalnih vzorcev z metodo s K₂Cr₂O₇ v močno kislem mediju.

Vzorce smo običajno pobirali iz vzorčevalnika zjutraj in zvečer, ob koncu vzorčevanja pa redkeje. Vzorca, ki so preko dneva stali v zajemalniku, so se segregali in tako je določena stopnja razgradnje organskih snovi potekala že v tem času. Zaradi številnih vzorcev, predvsem pa dolgotrajnosti postopka določitve kemijske potrebe po kisiku (KPK), vseh analiz nismo uspeli narediti proti. Zaradi vseh teh vzrokov je pri teh analizah možnost določene napake.

REZULTATI MERITEV IN ANALIZ

Meritve temperature, pH in SEP

Iz slike 2 je razviden potek merjenih parametrov: nivoja, temperature, pH in SEP vsakih 10 min ob vzporednih vrednostih pretoka.

Meritve temperature so pokazale dnevna nihanja z minimalnimi vrednostmi okoli osme ure dopoldne in najvišjimi v večernih urah. Le v času naraščanja pretoka Reke smo zabeležili stalen postopen upad temperature, verjetno kot vpliv hladnejših padavin ali morda tudi zaradi sorazmerno večjega dotoka kraške vode. V upadajočem delu poplavnega vala se je temperatura ob dnevnem nihanju temperature postopno dvigala in 24. maja dosegla izhodno vrednost 20. maja.

SEP je z izhodne vrednosti 328 μS/cm v času začetnega minimalnega naraščanja nivoja (1. stopnja) porasla na 332 μS/cm. Ob sledečem izrazitem naraščanju pretoka (2. stopnja) 21. maja do 10.00 je SEP ostala skoraj nespremenjena, saj ni preseгла vrednosti 334 μS/cm. Očitno v tem času kljub močnemu povečanju pretoka ni prišel do izraza razredčevalni učinek dežja,

ki bi pogojeval upad SEP. Šele nadaljnje naraščanje pretoka do maksimalne vrednosti $13.7 \text{ m}^3/\text{s}$ v drugi stopnji se je odrazilo v upadanju SEP, ki se je manjšala vse do doseženih maksimalnih pretokov v jutranjih urah 22. maja, ko je bila izmerjena minimalna vrednost $276 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$.

Sledilo je zložnejše upadanje pretoka v primerjavi z naraščanjem. V jutranjih urah 23. maja je SEP dosegla $300 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ in v naslednjih dneh vztrajala ob minimalnih nihanjih na tej vrednosti.

Nihanja pH so bila majhna, za 0,2 enote, v prvi polovici opazovanega poplavnega vala med 8,1 in 8,3, nato pa med 8,3 in 8,5. Ob drugem skoku nivoja, 21. maja okoli poldne, ko je bil dosežen maksimalni pretok v drugi stopnji, smo zabeležili dvo-urno opaznejše znižanje pH, celo do 6,6. Ta dan in še naslednja dva dneva pa smo okoli 15. ure zabeležili nekako uro trajajoče nihanje pH, ko je upadel do vrednosti 7,8. Teh večjih znižanj pH zaenkrat še ne moremo pojasniti, saj ni prišlo tudi do sočasnega izrazitega povečanja SEP ali kake druge komponente.

Meritve vsebnosti karbonatov, kalcija in celokupne trdote ter izračunano razmerje Ca/Mg

Vsebnosti karbonatov, kalcija in magnezija so ostale praktično stalne do 21. maja ob 8.00, ko je pretok dosegel vrednost $7,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (pred začetkom 2. stopnje), nivo Reke na točki vzorčevanja pa je glede na izhodno vrednost porasel za 12 cm in (Sl. 3). Do 16.00 ure, ko je pretok strmo naraščal v 2. stopnji, so trdote le počasi upadale.

Ob nadaljnjem naraščanju pretoka (3. stopnja) do maksimalne vrednosti $19,3 \text{ m}^3/\text{s}$ 22.5. ob 2.00 so vsebnosti karbonatov in kalcija ter celokupne trdote hitreje upadale do minimalne vrednosti $2,54 \text{ mekv/l}$ ter $2,88 \text{ mekv/l}$. Po doseženih minimalnih vrednostih ob maksimalnem pretoku so začele ponovno počasi naraščati in se po enem tednu ustalile na nekoliko nižjih vrednostih, kot so bile izhodne.

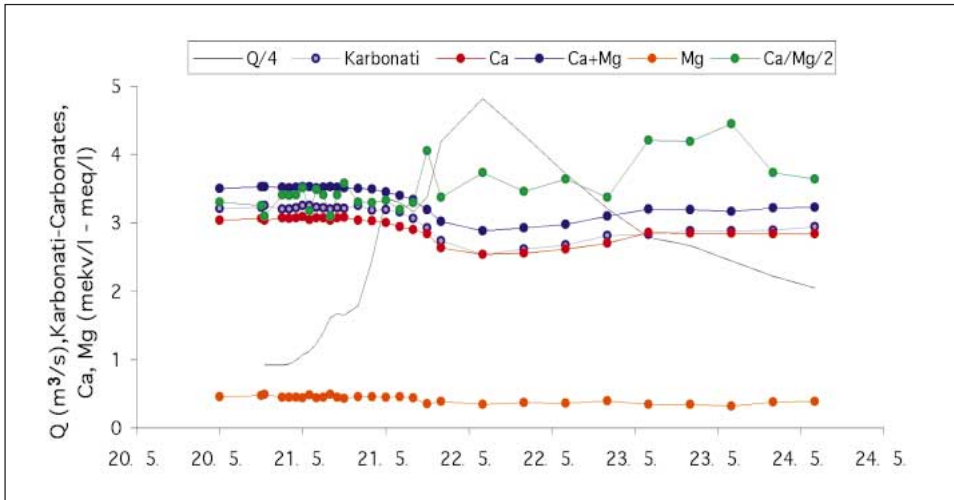
Razmerje Ca/Mg je ob naraščanju nivoja in njegovem vrhu nekoliko nihalo okoli vrednosti 7, nato pa ob upadajočem nivoju nekoliko poraslo (maksimalna vrednost 8,9) in se po tednu dni ustalilo na 8,0.

Meritve kloridov, nitratov, sulfatov in o-fosfatov

Iz slike 4 je razviden potek kloridov, nitratov in sulfatov glede na pretok Reke v opazovanem poplavnem valu. Kloridi so z izhodne vrednosti $3,3 \text{ mg Cl/l}$ v času prvega večanja nivoja, ko pri drugih merjenih parametrih še nismo zabeležili sprememb, porasli na $4,8 \text{ mg Cl/l}$, nato nekoliko zanihali in v osrednjem delu poplavnega vala dosegali $4,3 \text{ mg Cl/l}$, nato pa upadali in ob koncu opazovanj, 1. junija, dosegli izhodno vrednost.

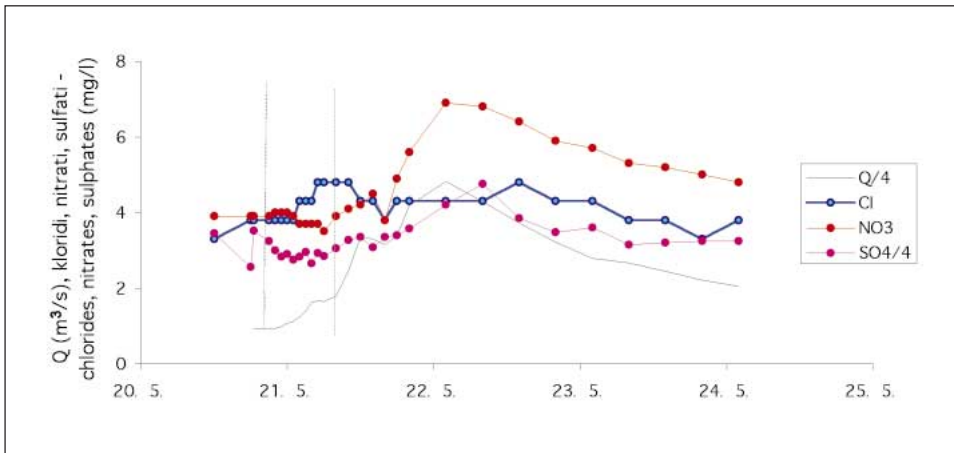
Potek nitratov in sulfatov je bil podoben. V času prvega porasta pretoka na $6,6 \text{ m}^3/\text{s}$ v prvih urah 21. maja 1999 so njune vrednosti nekoliko upadale. Sledilo je njuno naraščanje hkrati z naraščujočim pretokom do opoldne, ko smo zabeležili manjši upad obeh. Ob nadaljnjem izrazitem naraščanju pretoka v 3. stopnji so nitrati in sulfati naraščali do 22. maja ob 8.00, ko so dosegli maksimalne vrednosti hkrati z najvišjim nivojem. Sledilo je postopno upadanje nitratov in sulfatov, ki so 1. junija dosegli izhodne koncentracije pred začetkom poplavnega vala.

Nitrati so z izhodne vrednosti $3,9 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ porasli do maksimalne vrednosti $6,9 \text{ mg NO}_3/\text{l}$. Vsebnost sulfatov, ki je v prvih zajetih vzorcih 20. maja nihala med 10 in $14 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{l}$, je dosegla največjo vrednost $19 \text{ mg SO}_4^{2-}/\text{l}$, ob koncu poplavnega vala pa $12,6 \text{ mg/l}$. Opazen je sorazmeren potek nitratov in sulfatov z nivojem, kar kaže na večje spiranje onesnaženja ob večjih pretokih, ko se intenzivneje spira širše zaledje Reke. Kljub velikemu razredčevalnemu učinku je jasen prenos obeh komponent.



Sl. 3: Potek vsebnosti karbonatov, kalcija, magnezija ter razmerja Ca/Mg v poplavnem valu Reke maja 1999.

Fig. 3: Carbonate, calcium and magnesium levels and Ca/Mg rate in the flood pulse of the Reka in May 1999.



Sl. 4: Potek nitratov, sulfatov in kloridov v poplavnem valu Reke maja 1999.

Fig. 4: Nitrate, sulphate and chloride levels in the Reka flood pulse in May 1999.

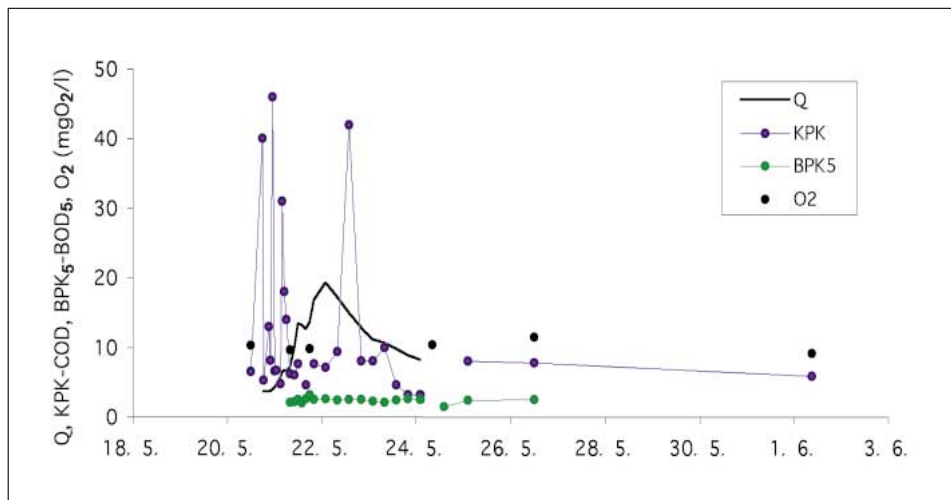
Spremljanje o-fosfatov je pokazalo izhodno vrednost 0,06 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$, ki je ob izrazitejšem višanju nivoja v začetnem delu poplavnega vala, ko je vsebnost kloridov naraščala, upadla do vrednosti 0,02 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$. V osrednjem delu poplavnega vala pa je vsebnost vztrajala na 0,05 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$ in šele 24. maja upadla na vrednost 0,02 mg $\text{PO}_4^{3-}/\text{l}$. Sklepamo, da je prišlo do intenzivnejšega spiranja o-fosfatov v osrednjem delu poplavnega vala, kar pa je pomenilo izboljšanje stanja ob koncu vala.

Določitve biokemijske (BPK₅) in kemijske (KPK) potrebe po kisiku

Rezultati BPK₅, ki so zaradi težav ob začetnem naraščanju nivoja Reke žal izostali, kažejo v nadaljevanju od 21. maja ob 8.00 (v času 2. in 3. stopnje naraščanja pretoka) sorazmerno nizke vrednosti, med 1,5 in 3,2 mg O_2/l (Sl. 5).

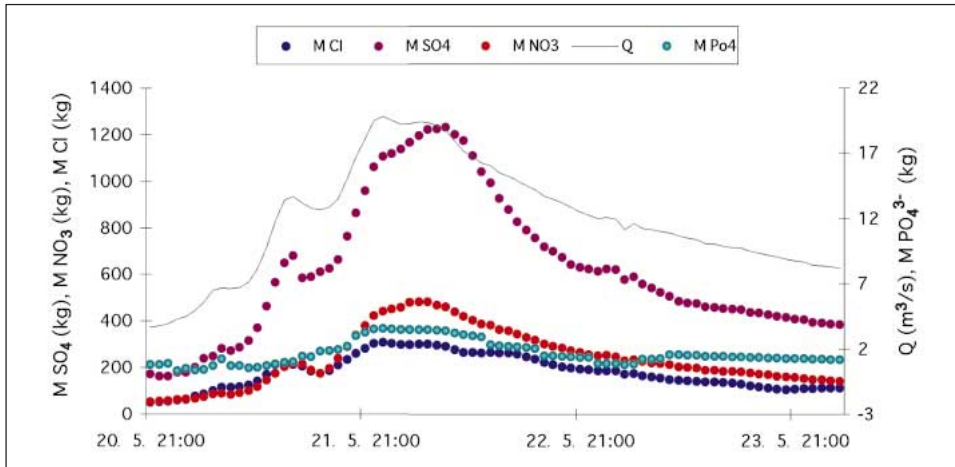
Določitve KPK so pokazale v začetnem delu, po 20. maju ob 12.00, ko se je do večernih ur nivo le počasi večal, skokovita nihanja od 5 do 46 mg O_2/l , ki se zde nekoliko nenavadna. Ta nihanja bi do določene mere lahko razložili kot spiranje akumuliranega trdnega organskega onesnaženja iz struge Reke po prvih padavinah. V osrednjem in upadajočem delu vala so vrednosti KPK dosegale vrednosti od 4,6 do 10 mg O_2/l , le vzorec 22. maja ob 14.00 izstopa z 42 mg O_2/l . Po začetnem spiranju strug Reke in pritokov se je kakovost Reke ob naraščujočem pretoku glede na KPK izboljšala, verjetno pa je prisoten tudi vpliv razredčevanja. Ob koncu vzorčevanj 1. junija je bilo stanje Reke glede na KPK boljše kot pa na začetku pred poplavnim valom.

Glede na dobljene rezultate sklepamo, da je KPK Reke vezana na trdne delce in lahko zelo niha v krajših časovnih intervalih. V prihodnje vidimo predvsem smisel kombiniranega pogostega spremljanja vsebnosti raztopljenega kisika ob vzporednih meritvah BPK₅ in KPK ter kalnosti. Preveriti pa bi bilo dobro tudi meritve pH.



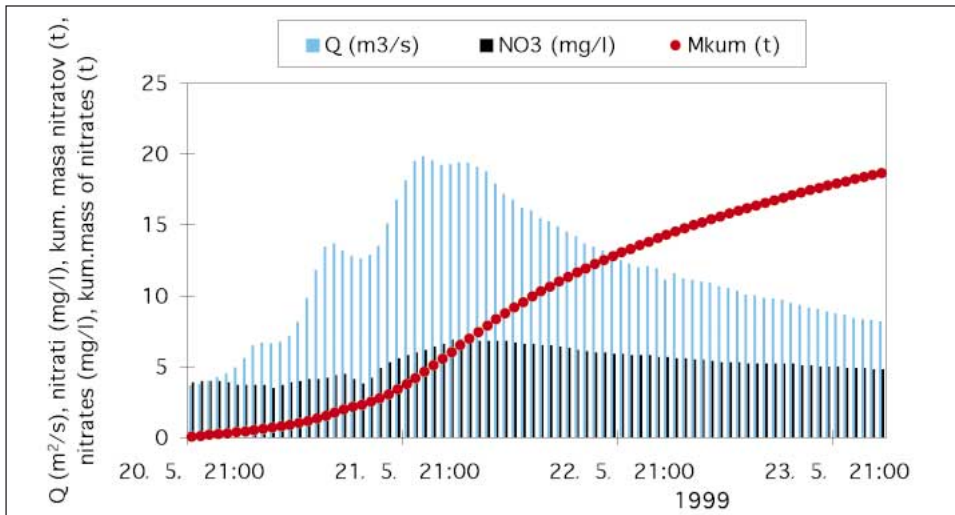
Sl. 5: Potek KPK in BPK₅ v poplavnem valu Reke.

Fig. 5: COD and BOD₅ in the Reka flood pulse.



Sl. 6: Urne količine sulfatov, nitratov, kloridov in o-fosfatov, ki jih je Reka v Poplavnem valu maja 1999 odnašala v Škocjanske jame.

Fig. 6: Hourly quantities of sulphate, nitrate, chloride and o-phosphate that the Reka transported during the flood pulse in May 1999 into Škocjanske jame.



Sl. 7: Kumulativna krivulja prenosa nitratov v času poplavnega vala.

Fig. 7: Cumulative curve of nitrate transport during the flood pulse.

KOLIČINSKI PRENOS KOMPONENT V POPLAVNEM VALU

Meritve parametrov kot so nitrati, sulfati, o-fosfati in kloridi nam na eni strani do določene mere odražajo naravne značilnosti območja, s katerega se stekajo padavine v Reko, v večjem delu pa odražajo vpliv onesnaženja zaradi človekovih aktivnosti v njenem celotnem zaledju.

Prvo začetno manjše povečanje pretoka je pomenilo prvo spiranje onesnaženja iz struge, ko še ni prišlo do opaznega razredčevanja, ki je nastopilo s kasnejšim izrazitejšim naraščanjem pretoka Reke.

Šele izrazito naraščanje pretoka v osrednjem delu poplavnega vala s 13 na 20 m³/s, ko se je nivo Reke glede na izhodno vrednost dvignil s 30 na 45 cm, je pogojevalo učinkovito spiranje celotne mreže dotokov, kar se je kljub močnemu razredčevanju odrazilo v povečanih koncentracijah predvsem nitratov in sulfatov. V tem času je prišlo do največjega prenosa posameznih komponent. Na sliki 6 so podane urne količine sulfatov, nitratov, kloridov in o-fosfatov, ki jih je Reka v poplavnem valu odnašala v Škocjanske jame. Slika 7 pa podaja ob krivuljah pretoka in koncentracije nitratov kumulativno krivuljo prenosa nitratov. Iz slike 8 pa je razvidno, da se prenos nitratov podaljšuje v upadajoči del poplavnega vala, saj je koncentracija nitratov kljub močnemu spiranju v osrednjem delu vala le počasi upadala.

Tako je v osrednjem delu poplavnega vala maja 1999 v 3 dneh in 6 urah, ko je preko opazovane točke steklo 3,3 · 10⁶ m³ vode, le ta odnesla s seboj v kraško podzemlje tudi 49 t sulfatov, 19 t nitratov, 14 t kloridov in 100 kg o-fosfatov. V primerjavi s prenosom omenjenih komponent v tem času ob nizkem vodostaju, je poplavni val spral in odnesel v kras dodatnih 37 t sulfatov, 15 t nitratov, 10 t kloridov in 40 kg o-fosfatov.

SKLEP

V poplavnem valu Reke se odrazita z različno dinamiko tako prispevek kraške vode kot padavinska voda z nekraškega dela zaledja, na njeno kakovost pa vpliva predvsem intenzivno spiranje onesnaženja iz zaledja ob sicer stalnih neposrednih dotokih odpadnih voda naselij z industrijo.

Sklepam, da je prišlo ob prvem manjšem povečanju pretoka Reke od popoldanskih ur 20. maja do prvih jutranjih ur 21. maja (6.00) predvsem do spiranja struge Reke, kar se je odrazilo v skokovito povečanih vrednostih KPK, ki so vezane na spiranje trdnega organskega onesnaženja, ki se v času nizkega vodostaja useda v strugi. V prihodnje bi bilo smiselno vzporedno meriti tudi količino teh trdnih delcev in ugotoviti njihovo sestavo. Sočasno smo izmerili najprej manjše upadanje koncentracij nitratov in sulfatov, medtem ko so kloridi naraščali, o-fosfati pa nekoliko zanihali. Kasneje do 10.00 ure je koncentracija kloridov vztrajala na maksimalni vrednosti, o-fosfati so upadli, nitrati in sulfati pa so začeli naraščati.

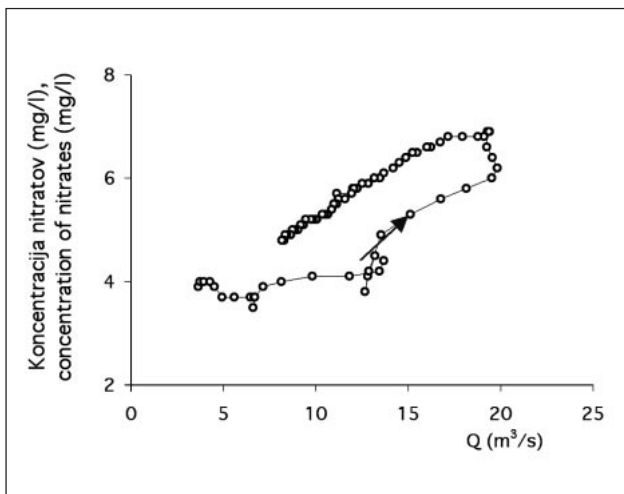
V času do 21. maja ob 10.00 ni prišlo do sprememb vsebnosti karbonatov, kalcija in magnezija. Zato sklepam, da je tedaj naraščanje pretoka verjetno pogojevalo predvsem pomembnejše dotekanje vode iz kraških izvirov Bistrice in Podstenjška, ko so hitro infiltrirane padavine izpodrivale staro vodo iz prepustnejših delov zaledja izvirov. Ob tem pa je prišel ob prvem izrazitejšem naraščanju pretoka do izraza tudi razredčevalni učinek glede na parametre, ki kažejo onesnaženje, nitrate, sulfate in o-fosfate.

V nadaljnjem naraščanju pretoka delno v 2. stopnji in v 3. stopnji je prišlo do upadanja vseb-

nosti karbonatov in kalcija do minimalne vrednosti v času doseženega maksimalnega pretoka 22.5.1999 ob 2.00. Sočasno z naraščanjem pretoka sta izrazito naraščali tudi koncentraciji nitratov in sulfatov, le da so sulfati dosegli maksimalno vrednost z manjšim časovnim zamikom. Zabeležili smo tudi porast o-fosfatov. Vse to govori za vse večji delež padavinske vode, ki je dotekala z nekraškega dela zaledja Reke in za intenzivno spiranje topnih komponent onesnaženja iz celotnega nekraškega zaledja Reke s pritoki.

Poplavni val je spral in odnesel v kraško podzemlje dodatnih 37 t sulfatov, 15 t nitratov, 10 t kloridov in 40 kg o-fosfatov.

Reka je pred začetkom poplavnega vala (pretok pod 4 m³/s) v eni uri odnašala s seboj okoli 170 kg sulfatov, 50 kg nitratov, 50 kg kloridov in 0,8 kg o-fosfatov. V vrhu poplavnega vala ob pretoku okoli 20 m³/s pa kar 1,2 t sulfatov, 480 kg nitratov, 300 kg kloridov in 3,5 kg o-fosfatov v eni uri.



Sl. 8: Koncentracija nitratov v odvisnosti od pretoka, ob njegovem naraščanju in upadanju.

Fig. 8: Nitrate concentration depending on discharge increase and decrease.

LITERATURA

- Brilly, M., Kogovšek, J., Drobne, D., 2000: The Reek [i. e. Reka] river experimental basin. V: Verhoest, N. (ur.), Van Herpe, Y. (ur.), De Troch, F. (ur.). *Book of abstract*. Ghent: Laboratory of Hydrology and Water Management, Ghent University, 2000, str. 1.
- Civita, M., F. Cucchi, A. Eusebio, S. Garavoglia, F. Maranzana, B. Vigna, 1995: Hidrološki sistem Timave: pomemben dodatni vodni vir, ki mora biti uporabljen in zaščiteno. *Acta carsologica*, International Symposium Man on Karst, dedicated to 70th anniversary of the Academician Prof. Dr. Ivan Gams, 24, 169-186, Ljubljana.
- Kogovšek, 1994: Impact of human activity on Škocjanske jame. *Acta carsologica*, 23, 73-80, Ljubljana.
- Kogovšek J. & A. Kranjc, 1999: Pollution by surface water: The Reka River: v Drew, D. (ed) & H. Hötzl (ed.) *Karst Hydrogeology and Human Activities, Impacts, Consequences and Implications*. 148-153, Rotterdam.

- Mejač, B., Roš, M., Dular, M., Rejic, M. & Ponikvar-Zorko, P., 1983: Onesnaževanje Notranjske Reke. Med. simp. »Zaščita Krasa ob 160-letnici tur. raz. Škocjanskih jam«, 48-51, Sežana.
- Rojšek, D., 1984: Vodne razmere v porečju Reke in Škocjanskih jamah leta 1983. Naše jame, 26, 69-71, Ljubljana.
- Rojšek, D., 1987: Fizičnogeografske značilnosti in naravne znamenitosti porečja Notranjske Reke. Varstvo narave, 13, 5-24, Ljubljana.
- Hidrološki letopis Slovenije, 1998, 9, 61, Hidrometeorološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1992, 18th Edition, American Public Health Association.

OBSERVATIONS OF THE REKA FLOOD PULSE IN MAY 1999

Summary

The Reka recharge area covers 442 km² (Rojšek 1987) consisting of flysch rocks and superficial inflow and of two important tributaries from a nearby karst, the Bistrica and Podstenjšek. In 1998 the mean Reka discharge was 5.9 m³/s, minimal 0.895 m³/s and maximal 161 m³/s (Hydrological Annales of Slovenia 2000). The Reka starts to lose its water near Vreme where karstified limestone occurs in its riverbed (Civita et al. 1995). Finally the river disappears into Škocjanske jame and flows underground to reappear at the Timavo exsurgence after 41 km. In 1983 the entire Reka flow disappeared for 120 days into a newly opened swallow-hole near Vreme and Škocjanske jame remained dry until the swallow-hole was blocked and the Reka flowed up to Škocjanske jame again (Rojšek 1984). Polluted communal and industrial waste waters from Ilirska Bistrica and other villages flow into the Reka contributing to its quality.

By measurements and analyses of the Reka composition in the flood pulse after abundant rain we studied the water quality and transport of pollutants from the surface underground in the period from May 20 to 25, 1999.

The Reka flood pulse indicates the different dynamics of karst water and rainfall from non-karst areas; its quality is mostly controlled by intensive rinsing of pollution in the recharge area together with permanent inflow of wastewater from industrial settlements.

According to measurement and analysis results I conclude that the first, smaller increase of the Reka discharge in the afternoon of May 20 up to early morning hours of the May 21 (6.00) caused mostly rinsing of the Reka riverbed, reflected in extremely augmented COD which is connected with rinsing of solid organic pollution deposited at the bottom of the riverbed during low water conditions. In future it would be reasonable to make parallel measurements of the quantity of these solid particles. At the same time we measured at first smaller decrease of nitrate and sulphate concentrations while chloride levels had risen and o-phosphates varied. Later, at 10.00, the chloride concentration remained at the maximal value, o-phosphates decreased and nitrate and sulphate levels started to increase.

In the time up to May 21 at 10.00 no changes occurred in the carbonate, calcium and magnesium levels. This is why I conclude that the discharge increase probably caused stronger inflow of water from the Bistrica and Podstenjšek karst springs when rapidly infiltrated rainfall replaced

old water accumulated in more permeable parts of the springs catchment area. At the same time a strong dilution effect related to parameters indicating pollution, which are nitrate, sulphate and o-phosphate levels occurred during the first distinctive increase of discharge.

During the following distinctive discharge increase carbonate and calcium levels started to decrease towards minimal value which was registered when the maximal discharge was reached on May 22 at 2.00. During the discharge increase we recorded a clear increase in nitrate and sulphate levels; the only difference is that sulphates reached their maximal value with a smaller delay. The increase in o-phosphate level was recorded also. All these results show a greater share of rainwater coming from non-karst part of the Reka catchment area and for intensive rinsing of soluble components of pollution from the entire non-karst recharge area of the Reka and its tributaries.

The flood pulse washed off and transported additional 37 t of sulphates, 15 t of nitrates, 10 t of chlorides and 40 kg of o-phosphates underground.

Prior to (discharge 3,7 m³/s) flood pulse the Reka in one hour about transported 170 kg of sulphates, 50 kg of nitrates, 50 kg of chlorides and 0,8 kg of o-phosphates. At the peak of flood pulse when the discharge was 19,3 m³/s this amount was 1,2 t of sulphates, 480 kg of nitrates, 300 kg of chlorides and 3,5 kg of o-phosphates in one hour.